

Проведенные расчеты по сжиганию полидисперсной антрацитовой пыли для разных средних начальных размеров частиц показали, что в условиях работы достаточно мощных паровых котлов механический недожог составляет около 0,5...1 % для частиц 40 мкм и возрастает при сжигании более крупных частиц, достигая 15 % при диаметре частиц 100 мкм. Результаты расчетов по степени выгорания топлива неплохо подтверждаются экспериментальными данными, полученными при сжигании антрацитовой пыли в топках паровых котлов.

Модель позволяет расчетным путем определить средний начальный размер частиц полидисперсной системы, который должен быть получен при размоле топлива для минимизации механического недожога, что в конечном итоге приведет к снижению затрат на приготовление и сжигание топлива.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ СЖАТИЯ ГАЗА**

*Слепова И.О., Борисова И.В., Демин Ю.К.*

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова*

*E-mail: Irishka\_Borisova@bk.ru*

В промышленности применяется большое количество технических газов в сжатом состоянии. Только в черной металлургии, производящей 1,5 млрд т в год стали, общее производство сжатого воздуха достигает 4-5 т/т стали при давлении до 0,6 МПа. Воздух также в значительных объемах сжимается для производства продуктов его разделения – кислорода, азота, аргона и других.

Сжатие воздуха в больших масштабах осуществляется в современных газотурбинных технологиях генерации электрической, тепловой и механической энергии, доля которых в промышленной энергетике возрастает.

В специальных технологических случаях необходимо сжатие оксида и диоксида углерода в некоторых вариантах использования конвертерных газов и производства жидкой и твердой углекислоты.

На стратегическом направлении современной энергетики – водородном, необходимы значительные затраты на сжатие водорода.

Сжатие газов сопровождается значительными затратами энергии, зависящими от свойств газа, а также существенным повышением температуры сжатых газов. Основным направлением *энергосбережения* при сжатии газов является ступенчатое охлаждение и отвод теплоты сжатых газов.

Целью данной работы является оценка затрат на сжатие и охлаждение технических газов в зависимости от их свойств.

Для расчетов технические газы брались при давлении 0,1 МПа и сжимались до 0,2 МПа. В зависимости от начальной температуры и свойств газа [1, 2] определялись конечная температура и затраты на сжатие. Также было рассчитано количество теплоты, которое необходимо отвести от газа для охлаждения его до начальной температуры. Использовались формулы адиабатного сжатия [3] и изобарного охлаждения [4]. Результаты расчетов приведены в таблице.

Из таблицы видно, что из перечисленных технических газов наибольшие затраты приходится на сжатие водорода и азота, сжимаемых до 35 МПа при производстве аммиака. Следующим по затратам идет оксид углерода, из которого на 60-85 % состоит конверторный газ, который также необходимо сжимать для эффективного использования в доменном производстве или ГТУ. Наименьшее количество энергии тратится на диоксид углерода, сжимаемый до 7 МПа при производстве углекислоты.

Наибольшая конечная температура и количество отводимой теплоты приходится на водород. Это означает, что при производстве сжатого водорода можно отвести наибольшее количество теплоты с наивысшим потенциалом.

Оценки энергозатрат при производстве сжатых газов

Начальная температура газа, °С	25	50	75	100
Кислород				
Конечная температура газа, °С	89,75	119,76	149,71	179,42
Работа на сжатие, кДж/кг	59,31	64,25	69,18	74,09
Количество отводимой теплоты, кДж/кг	59,64	64,46	69,48	74,34
Азот				
Конечная температура газа, °С	90,27	120,74	151,07	181,37
Работа на сжатие, кДж/кг	67,79	73,48	79,15	84,82
Количество отводимой теплоты, кДж/кг	68,07	73,78	79,34	84,95
Водород				
Конечная температура газа, °С	91,03	121,16	151,37	181,69
Работа на сжатие, кДж/кг	943,08	1021,64	1100,32	1179,15
Количество отводимой теплоты, кДж/кг	943,10	1021,48	1100,14	1179,72
Оксид углерода				
Конечная температура газа, °С	90,27	120,60	150,92	181,21
Работа на сжатие, кДж/кг	67,80	73,48	79,15	84,82
Количество отводимой теплоты, кДж/кг	67,84	73,46	79,12	84,81
Диоксид углерода				
Конечная температура газа, °С	75,10	102,56	129,91	157,35
Работа на сжатие, кДж/кг	42,22	45,65	49,08	52,51
Количество отводимой теплоты, кДж/кг	42,27	45,68	49,04	52,53
Воздух				
Конечная температура газа, °С	90,27	120,74	150,92	181,21
Работа на сжатие, кДж/кг	65,56	71,06	76,53	82,01
Количество отводимой теплоты, кДж/кг	65,79	71,38	76,68	82,18

Полученные оценки энергетических затрат могут быть использованы для разработки перспективных *энергосберегающих* схем в энергетике и технологиях для реализации процессов газотурбинной генерации, производства металлов и продукции основной химической промышленности.

*Библиографический список*

1. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газа: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1987. 288 с.
2. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. 720 с.

3. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. М.: Энергия, 1977. 416 с.
4. Кириллин В. А. Техническая термодинамика: учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1983. 416 с.

## МЕТОД АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОКРУЖЕНИЯ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭНЕРГООБЛОКОВ НА ПРИМЕРЕ ПГУ

Сойко Г.В., Буров В.Д.  
Московский энергетический институт,  
SoykoGV@gmail.com, BurovVD@mail.ru

Сегодня основу (более 65 %) российской энергетики составляют паротурбинные ТЭС, которые работают со средним КПД 36 %. В последнее десятилетие в России на ТЭС стали применяться парогазовые технологии, которые позволяют достичь КПД 50 % и выше, так в 2011 г. на ТЭЦ-26 ОАО «Мосэнерго» введен в эксплуатацию энергоблок с самым высоким в России КПД (примерно 58 %). Однако в ведущих промышленно-развитых странах фирмами *General Electric*, *Siemens* уже реализованы проекты ТЭС с КПД более 60 %. Данные ТЭС базируются на высокотемпературных газотурбинных установках (ГТУ) с КПД 40 % и выше [1]. В настоящее время такие фирмы как *Mitsubishi*, *General Electric*, *Siemens* уже имеют достаточно большой опыт по выпуску ГТУ 5-го поколения (F-класс) и реализации различного типа электростанций (газотурбинных и парогазовых) на их основе. К газовым турбинам пятого поколения (F-класс) можно отнести такие ГТУ как M701F (*Mitsubishi*), MS9001FA (*General Electric*), SGT5-4000F (*Siemens*), GT24 (*Alstom*), AE94.3A (*Ansaldo*).

Широкий спектр предлагаемых газотурбинных установок и различные варианты реализации парогазовых блоков на их основе приводят к необходимости проведения технико-экономических оптимизационных исследований направленных на выявления наиболее приемлемого варианта реализации будущего объекта генерации. Такие исследования требуют многократных циклических экономических расчетов для каждого изменения технического параметра для каждого варианта тепловой схемы.

Для сокращения количества необходимых экономических расчетов при технико-экономической оптимизации предлагается применять разработанную в научно-исследовательской лаборатории «Газотурбинных и парогазовых ТЭС» кафедры ТЭС «НИУ «МЭИ» методику независимого анализа экономического окружения. Суть данной методики заключается в рассмотрении экономического окружения и результатов экономической деятельности будущего условного объекта генерации с применением удельных величин. При этом выделяются основные отличительные характерные параметры для каждого из вариантов реализации объекта генерации и исследуются их влияния на экономическую эффективность объекта. В качестве примера реализации данной методики рассмотрим варианты реализации различных схем ПГУ КЭС на базе газотурбинных установок 5-го поколения (класс «F»). Основные параметры, влияющие на итоговый экономический эффект, можно разделить на два типа: параметры, от-